

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-74559

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-232180

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月28日

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 早川 利郎

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

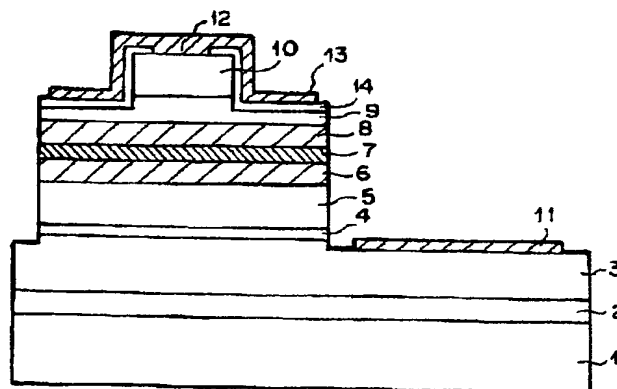
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子および露光装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体発光素子において、青色もしくは緑色の光ビームを小さいスポット径でかつ小さい放射角で発光可能とする。

【解決手段】 基板1上に、活性層7をクラッド層6、8で挟むダブルヘテロ構造を含むInGa_N系の半導体層を順次形成し、リッジ形状を有する屈折率導波型のストライプ構造の半導体発光素子とする。素子の劈開面は反射面とし、半導体層構成および屈折率導波型の光導波機構と劈開面である両光射出端面の反射機構とからなる光反射構造を形成する。



11-74559

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波機構を有し、発光端面に反射鏡が形成されている、ストライプ構造の半導体発光素子であって、

前記光導波機構により制限された発光領域から、緑色もしくは450nm以上の波長を有する青色の光ビームをスーパーラディアンズにより発光することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 面発光型の半導体発光素子であって、活性層を挟む上下層にブラッグ反射機構を備え、前記ブラッグ反射機構による光の量子閉じ込め効果により制限された発光パターンで緑色もしくは青色の光ビームをスーパーラディアンズにより発光することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】 面発光型の半導体発光素子であって、発光端面の一部にレンズが形成され、前記発光端面の前記レンズ以外の部分が遮光部材に覆われており、前記レンズから緑色もしくは青色の光ビームを発することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】 前記半導体発光素子が、InGaN系の半導体により形成されるものであることを特徴とする請求項1から3いずれか記載の半導体発光素子。

【請求項5】 請求項1から4いずれか記載の青色の光ビームを発光する半導体発光素子および緑色の光ビームを発光する半導体発光素子と、赤色の光ビームを発光する半導体発光素子とからなる光源と、走査光学系とを備えたことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光素子の構造に関し、特に詳しくは、緑色もしくは青色の光ビームを出力する半導体発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の銀塩写真のデジタルプリント装置においては、光源としてレーザ光を用いており、レーザ光を光源としているために、ポリゴンミラー等を用いた高速の光ビーム走査露光が可能となり、高速にプリントを出力でき、また、走査にドラム等の高速の紙送りを用いる必要がなく連続紙による供給などの簡便な紙送りが可能である。

【0003】デジタルプリント装置の光源としては、RGBの三原色にて発光するレーザ光源を用いることが理想であり、従来レーザ光源としては、ガスレーザが主に用いられてきたが、サイズが大きい、特殊な電源を必要とする、信頼性が高くないなど汎用の装置の光源として採用するには難があった。最近、本出願人は、赤色光源として半導体レーザを、青、緑色光源としては第二高調波を発生させる半導体レーザ励起固体レーザを備えたデジタルプリント装置「Frontier」を製品化した。該プリ

ント装置においては、青および緑色の光源として半導体レーザ励起固体レーザを用いることにより、小型・高品位のレーザ光を比較的安価に提供することができるようになり、また、初段の電気-光変換は半導体レーザであるため信頼性も向上した。さらに、特性が最も安定であり、最も安価である三原色に感度を合わせた通常のカラーペーパーを用いることができる。

【0004】しかしながら、これらの装置のさらなるコストダウンにはキーデバイスであるレーザ光源のコストダウンが必須である。赤色半導体レーザは高密度光磁気ディスクやDVD (Digital Video Disk) 用光源として低価格化が進んでおり問題ないが、青および緑色については実用可能な半導体レーザが得られる見通しがないため、現状の固体レーザでは部品および組立コストが壁となって半導体レーザのような低価格化は装置の構成上困難である。

【0005】一方、より長波長帯域の半導体レーザとCMY (Cyan, Magenta, Yellow) 発色をする感材とを用いて比較的安価なプリント装置が実現されている(例えば、富士フイルム製ピクトグラフィー)。このような装置においては、市販の半導体レーザ(例えば、810nm, 750nm, 680nm)を用いることができるため、上記固体レーザを用いた場合より装置を安価に構成することができる。

【0006】しかしながら、市販の半導体レーザを用いるために、感光材料として半導体レーザの波長に合わせた特別のもの、すなわち、通常より長波長側へ感度をシフトさせたものを用意する必要があるため材料費が高くなり運搬費やプリントコストが高くなるという問題がある。

【0007】一方、従来の発光ダイオード(LED)において、青および緑の高輝度のLED光源がInGaN系の材料を用いて実現されている(「The Blue Diode」, S. Nakamura and G. Fasol, Springer, Berlin, 1997)。これらは、他の赤色などのLEDと同様に数百 μ m角程度の発光面を有し、光は発散光である。従って、高精細なプリントを構成するために、これらの光源を用いて数十 μ m径のスポットを形成しようとする場合、放射光を有限な大きさのレンズ等により集光するため、集光された光の光量は極めて小さいものとなる、また、1/2～1/10程度の縮小光学系により結像するためレンズと光源との距離が相対的に離れてしまい更に結合効率が低下する、という問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の事情に鑑み、通常の可視光露光用の感材を用いる露光装置に使用可能な青色、緑色の光ビームを小さいスポット径でかつ小さい放射角で発光し、かつ安価に作製することができる半導体発光素子およびこの半導体発光素子を採用した露光装置を提供することを目的とするものである。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】本発明の第一の半導体発光素子は、光導波機構を有し、発光端面に反射鏡が形成されている、ストライプ構造の半導体発光素子であって、前記光導波機構により制限された発光領域から、緑色もしくは450nm以上の波長を有する青色の光ビームをスーパーラディアンズにより発光することを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】 また、本発明の第二の半導体発光素子は、面発光型の半導体発光素子であって、活性層を挟む上下層にブラッグ反射機構を備え、前記ブラッグ反射機構による光の量子閉じ込め効果により制限された発光パターンで緑色もしくは青色の光ビームをスーパーラディアンズにより発光することを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】 ここで、前記「スーパーラディアンズにより発光する」とは、素子の反射型構造により誘導放出行うが、レーザ発振ではない発光を行うことをいう。

【 0 0 1 2 】 また、本発明の第三の半導体発光素子は、面発光型の半導体発光素子であって、発光端面の一部にレンズが形成され、前記発光端面の前記レンズ以外の部分が遮光部材に覆われており、前記レンズから緑色もしくは青色の光ビームを発光することを特徴とするものである。

【 0 0 1 3 】 なお、前記各半導体発光素子は、InGaN系の半導体により好適に形成される。

【 0 0 1 4 】 本発明の露光装置は、赤色の半導体発光素子と、上述の本発明青色の光ビームを発光する半導体発光素子および緑色の光ビームを発光する半導体発光素子とからなる光源と、走査光学系とを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

【発明の効果】本発明の第一の半導体発光素子は、発光領域が光導波機構およびストライプ構造によって制限されているため、微小発光径でかつ放射角度の狭い緑色もしくは青色の光ビームを出力することができる。

【 0 0 1 6 】 本発明の第二の半導体発光素子は、ブラッグ反射 (DBR) 機構を備えたことにより、光の量子閉じ込め効果によって発光パターンを制限することができ、微小発光径でかつ光の放射角度の狭い緑色もしくは青色の光ビームを出力することができる。

【 0 0 1 7 】 本発明の第三の半導体発光素子は、一般的な面発光ダイオード (LED) において発光端面の一部にレンズが形成され、それ以外の部分を遮光部材に覆われたものであり、遮光部材により発光領域が制限され、レンズにより微小発光径でかつ放射角度の狭い緑色もしくは青色の光ビームを出力することができる。

【 0 0 1 8 】 本発明の露光装置は、赤色半導体発光素子と、上述の本発明による緑色半導体発光素子および青色半導体発光素子とからなる光源を備えることにより、安価に構成することができ、また、本発明の半導体発光素

子から発光される緑色および青色の光ビームは、微小発光径でかつ放射角度の狭いものであるため、従来のレーザ光および第二高調波を用いていた露光装置と同様に高速かつ高品位なものとすることができる。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 2 0 】 図1は、本発明に係る第一の実施形態のInGaN系青色半導体発光素子の断面模式図を示す。図1に示すように、本実施形態に係る半導体発光素子は、一般のストライプ型半導体レーザの構造と同様の、活性層7をクラッド層6、8で挟むダブルヘテロ構造であり、光の閉じ込めのためストライプ状の電流注入窓12が設けられたものである。また、素子の劈開面は反射面とされて、光反射構造が形成されている。本素子はレーザ発振しないが、層構成およびリッジ型屈折率導波構造からなる光導波構造と両光出射端面の反射によって形成される光反射構造により、いわゆるスーパーラディアンズ (Super Radiance) にて発光する。なお、本実施形態の半導体発光素子は、470nm帯域の青色光ビームを発光するものである。

【 0 0 2 1 】 以下、本半導体発光素子の層構成を作製方法と併せて簡単に説明する。サファイアc面基板1上にMOCVD法を用いて、n-GaN低温バッファ層2、n-GaNバッファ層3 (Siドーブ、5 μm)、n-In_{0.5}Ga_{0.5}Nバッファ層4 (Siドーブ、0.1 μm)、n-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5 (Siドーブ、0.5 μm)、n-GaN光ガイド層6 (Siドーブ、0.1 μm)、アンドープ活性層7、p-GaN光ガイド層8 (Mgドーブ、0.1 μm)、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層9 (Mgドーブ、0.5 μm) およびp-GaNキャップ層10 (Mgドーブ、0.3 μm) を順次成長する。その後、窒素ガス雰囲気中で熱処理によりp型不純物を活性化する。なお、活性層7は、アンドープIn_{0.5}Ga_{0.5}N (10nm)、アンドープIn_{0.25}Ga_{0.75}N量子井戸層 (3nm)、アンドープIn_{0.5}Ga_{0.5}N (5nm)、アンドープIn_{0.25}Ga_{0.75}N量子井戸層 (3nm)、アンドープIn_{0.5}Ga_{0.5}N (10nm) アンドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N (10nm) からなる二重量子井戸構造とする。

【 0 0 2 2 】 次に、フォトリソグラフィとエッチングにより6 μm 幅のリッジストライプを形成するため、リッジストライプ部以外のエピタキシャル層をキャップ層10からクラッド層9の途中まで塩素イオンを用いたRIE (reactive ion beam etching) により除去する。次に、リッジストライプ部上部を含む露出面上にSiN膜14をプラズマCVDで製膜した後、更にフォトリソグラフィと塩素を用いたRIEにより、n側電極を形成するためにリッジストライプ部を含む発光領域部以外のエピタキシャル層をn-GaNバッファ層3が露出するまでエッチング除去する。なお、この際に共振器端面を形成する。その後、リッジ部上面のSiN膜14に電流注入のため

のストライプ状窓12（幅10 μ m）を作製し、該ストライプ窓12を覆うようにp側電極13としてTi/Al/Ti/Auを、またn-GaN バッファ層3の露出部にn側電極11としてNi/Auを真空蒸着した後、窒素中でアニールしてオーミック電極を形成する。

【0023】上記のようにして作製された半導体発光素子は発光スポット径としては6 μ m \times 1 μ m程度、放射ビーム角度としては40度程度の狭いものが得られる。このスポット径および放射ビーム角度は通常の発光ダイオード（LED）と比べると極めて小さく、プリンタの露光光学系への光の結合効率は従来のLEDを光源として用いた場合と比べて1～2桁以上改善する。従来のLEDでは通常発光スポット径が300 μ m程度以上であるため、プリンタにおいて必要とされる高精細な特性を実現するためには50 μ m以下程度となるように縮小するための光学系が必要であったが、微小スポット径の本半導体発光素子ではこのような光学系は必要がないため口径の大きな明るいレンズをより近づけて使用することが可能となり、光学系への結合効率を更に改善することができる。なお、上記実施の形態においては光出射端面には光学的コーティングを施していないが、Super Radianceは反射率依存性が大きいのでこれを制御する目的や前後の端面の光出射強度を制御する目的などで端面反射率を制御する各種光学コーティングを施すことができる。各層の組成や厚みは光導波条件を満たす範囲において適宜選択できる。

【0024】なお、上述の実施形態においては、470nmの青色光ビームを発光する素子としたが、InGaN量子井戸層のIn組成を変化させることによって発光波長を制御することができ、470nm以外の青色波長や、緑色波長の素子も実現できる。

【0025】本発明に係る第二の実施形態の半導体発光素子の断面模式図を図2に示す。

【0026】本実施形態の半導体発光素子の層構成および作製方法は上記第一の実施形態の半導体発光素子とほぼ同様であり、同等の層には同符号を付し詳細な説明を省略する。本半導体発光素子は、基板として導電性の6H-SiC基板21が用いられ、n側電極11が基板21の裏面に形成された構成である。このようなストライプ型構造の発光素子においても、微小発光スポットで狭放射角で光ビームを発光することができる。

【0027】本発明に係る第三の実施形態のInGaN系青色半導体発光素子の断面模式図を図3に示す。

【0028】本実施形態に係る半導体発光素子は、活性層を挟んで上下に設けられたDBR多層反射鏡を有する、DBRレーザ（distributed Bragg-reflectionレーザ）と同様の構造を備え、このDBR多層反射鏡による光閉じ込めの効果により光の量子化を行い発光パターンを制御するものである。本素子においても上記第一の実施形態と同様に、レーザ発振はしないがDBR多層反射

鏡によって形成される光反射構造によりいわゆるスーパーディアンズにて発光する。なお、本実施形態の半導体発光素子は、450nm帯域の青色光ビームを発光するものである。

【0029】本半導体発光素子の作製方法を簡単に説明する。n型の導電性を有する6H-SiC基板61上にMOCVD法を用いて、n-GaN低温バッファ層62、n-GaNバッファ層63（Siドーブ、5 μ m）、n型DBR多層反射鏡64（Siドーブ）、n-GaN層65（Siドーブ、0.09 μ m）、アンドーブIn_{0.15}Ga_{0.85}N量子井戸活性層66（2nm）、p-Al_{0.15}Ga_{0.85}N障壁層67（Mgドーブ、20nm）、p-GaN層68（Mgドーブ、0.09 μ m）、p型DBR多層反射鏡69（Mgドーブ）、p-GaNキャップ層70（Mgドーブ、0.2 μ m）を成長する。その後窒素ガス雰囲気中で熱処理によりp型不純物を活性化する。この後、キャップ層70上にp側電極71を形成するが、少なくとも光を取り出す100 μ m径の円形状の部分を除いて形成する。n側電極72を形成して熱処理後、発光部に反射防止膜73をコーティングする。n型DBR多層反射鏡64はn-Al_{0.15}Ga_{0.85}N 64a（Siドーブ、 $\lambda/4$ 相当厚み、45nm）、n-GaN 64b（Siドーブ、 $\lambda/4$ 相当厚み、46nm）を40.5周期積層する。p型DBR多層反射鏡69は同様にp-Al_{0.15}Ga_{0.85}N 69a（Mgドーブ、 $\lambda/4$ 相当厚み、45nm）、n-GaN 69b（Mgドーブ、 $\lambda/4$ 相当厚み、46nm）を20.5周期積層する。本実施形態において作製された半導体発光素子は450nmの発光波長を有し、微小共振器の効果により光の放射パターンの急峻化が図られている。

【0030】図4は、本発明に係る第四の実施形態のInGaN系青色半導体発光素子の断面模式図を示す。上記第三の実施形態と同様にDBR多層反射鏡を有する構成であるが、本実施の形態においては、上部DBR層を発光領域にのみ設けることにより、発光パターンの制御を行っている。

【0031】本半導体発光素子の層構成を作製方法と併せて簡単に説明する。n型の導電性を有する6H-SiC基板81上にMOCVD法を用いて、n-GaN低温バッファ層82、n-GaNバッファ層83（Siドーブ、5 μ m）、n型DBR多層反射鏡84（Siドーブ）、n-GaN層85（Siドーブ、0.09 μ m）、アンドーブIn_{0.15}Ga_{0.85}N量子井戸活性層86（2nm）、p-Al_{0.15}Ga_{0.85}N障壁層87（Mgドーブ、20nm）、p-GaN層88（Mgドーブ、0.09 μ m）を成長する。n型DBR多層反射鏡84はn-Al_{0.15}Ga_{0.85}N 84a（Siドーブ、 $\lambda/4$ 相当厚み、45nm）、n-GaN 84b（Siドーブ、 $\lambda/4$ 相当厚み、46nm）を40.5周期積層したものである。

【0032】その後、窒素ガス雰囲気中で熱処理することによりp型不純物を活性化する。その後、リフトオフ法を用いて、光を取り出すための100 μ m径の円形状の部分を除いてp側電極90を形成する。この後、DBR層89をZnS 89aとSiO₂ 89bの多層コーティング（各 $\lambda/4$

相当厚み30.5周期)により形成し、発光領域以外のDBR層をエッチング除去する。その後、n側電極91を形成して熱処理する。なお、上述のように本実施形態においては、上部DBR層はZnSおよびSiO₂の誘電体膜により形成されており、半導体層の結晶成長とは異なるプロセスにより形成している。

【0033】図5は、本発明に係る第五の実施形態のInGaN系緑色半導体発光素子の断面模式図を示すものである。図5に示すように、本実施形態に係る半導体発光素子は、一般の面発光ダイオードの構造において、その発光面上にレンズ状部48を備え、その発光面のレンズ状部48以外の部分が遮光性材料49で覆われたものである(図6参照)。すなわち、本素子は通常の発光ダイオードから出射される自然光をレンズ状部48により集束させて出力するものである。なお、本実施形態の半導体発光素子は、530 nm帯域の緑色光ビームを発光するものである。

【0034】本半導体発光素子の層構成を作製方法と併せて簡単に説明する。n型の導電性を有する6H-SiC基板41上にMOCVD法を用いて、n-GaN低温バッファ層42、n-GaNバッファ層43(Siドーパ、5 μm)アンドー
20 $\text{In}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{N}$ 量子井戸活性層44(2 nm)、p-Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層45(Mgドーパ、0.1 μm)、p-GaNキャップ層46(Mgドーパ、1.2 μm)を成長する。その後、窒素ガス雰囲気中で熱処理することによりp型不純物を活性化させる。この後、80 μm径の円形のレジストパターンを形成し、塩素イオンを用いたRIBEにより、基板を回転して斜めから塩素イオンビームを入射して約80 μm径のレンズ状部48にp-GaNキャップ層46をエッチングする。その後、キャップ層46上にレンズ形状部48および後に形成される電極とキャップ層46との接触部
30 を除く領域にSiN絶縁膜47を形成する。この絶縁膜47は、電極がキャップ層46とオーミック接触する部分をレンズ形状部48の周囲に限定するためのものである。次に、この絶縁膜47およびレンズ形状部48の周囲に露出するキャップ層46上部にp側電極を形成する。図6は、図5に示す素子の上面図であり、図示するように、p側電極はレンズ形状部を除く部分に形成され、該レンズ形状部以外からの発光を遮光する役割を担う。なお、p側電極の形状としては図7のようにレンズ形状部を囲むリング形状にする等種々の形状が可能である。この際には、素子上面のレンズ形状部および電極部以外の部分は、ポリイミドなどの吸光材料55で遮光すればよい。このようにして、電極構造とレンズ加工を組み合わせ、微小発光スポットと狭放射ビーム化を実現することができる。

【0035】以上、本発明の実施形態に係る半導体発光素子について説明してきたが、上記のような微小発光径、狭放射角度の半導体発光素子を用いて高速かつ簡便な露光システムを構成することが可能である。

【0036】光源としては、例えば、上記第一の実施形態に示されている470 nmの青色光ビームを出力する半導
50

体発光素子と、同様にして作製された530 nmの緑色光ビームを出力する半導体発光素子と、従来の赤色半導体レーザーを用いる。

【0037】図8は本発明の露光装置の一実施形態の構成模式図である。簡単のため、図面には1の半導体発光素子のみ示す。本露光装置においては、半導体発光素子100から出射した光ビームを、該光ビームの広がり角を小さくするための第一レンズ101を介してガルバノメータミラー等の可動鏡102に入射せしめ、該可動鏡102により該光ビームを偏光し、該光ビームを集光レンズ103により銀塩感光材料等のメディア上に集光する。既述のように従来の放散光を放射する発光ダイオードを光源とする場合には、光スポットを縮小するために複雑な光学系が必要であったが、上述の本発明の半導体発光素子を利用することにより、半導体レーザーを光源として用いた場合と同様の簡便な光学系を用いて露光システムを構成することが可能となる。

【0038】図9は本発明の他の実施形態にかかる露光装置の構成模式図である。本実施形態においてはレンズとして本露光装置では必要最小限の集光レンズ113のみを用い、光走査用の偏光装置としてポリゴンミラー112を用いている。本露光装置においては、半導体発光素子110から出射した光ビームをポリゴンミラー112に入射せしめ、該ポリゴンミラー112により走査偏光し、集光レンズ113を介してメディア上に集光する。

【0039】以上のように、半導体レーザーが実現困難な青および緑色波長域において微小発光径でかつ放射角度の小さい光ビームを出力可能な本発明の半導体発光素子を利用することにより、高速かつ高品位な露光装置を構築することができる。また、発光ダイオードを光源として用いていた場合と比較して簡便な光学系とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る半導体発光素子の断面模式図

【図2】本発明の第二の実施形態に係る半導体発光素子の断面模式図

【図3】本発明の第三の実施形態に係る半導体発光素子の断面模式図

40 【図4】本発明の第四の実施形態に係る半導体発光素子の断面模式図

【図5】本発明の第五の実施形態に係る半導体発光素子の断面模式図

【図6】第五の実施形態に係る半導体発光素子の上面模式図

【図7】第五の実施形態に係る半導体発光素子のその他の上面模式図

【図8】本発明の露光装置の構成模式図

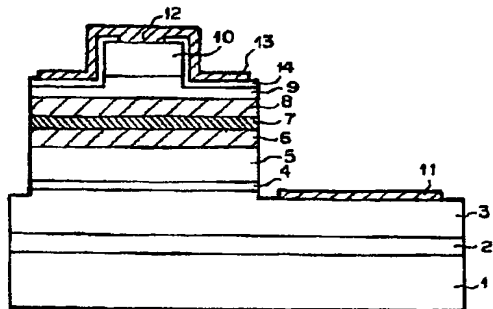
【図9】本発明の他の露光装置の構成模式図

【符号の説明】

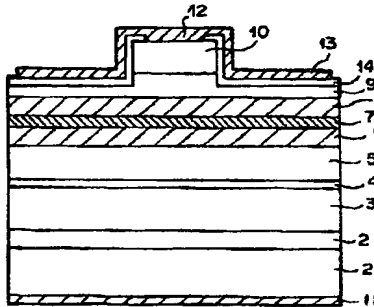
9

- | | |
|----|--|
| 8 | n-GaN光ガイド層 |
| 9 | n-Al _{0.15} Ga _{0.85} Nクラッド層 |
| 10 | n-GaNキャップ層 |
| 11 | |
| 12 | p側電極 |
| 13 | n側電極 |
| 14 | SiN膜 |

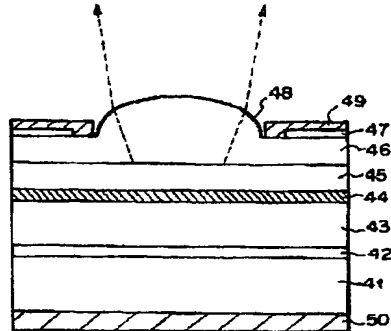
【图 1】



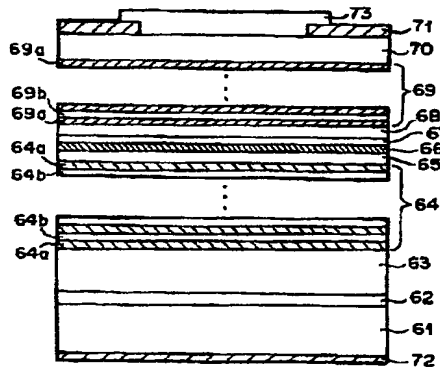
【圖 2】



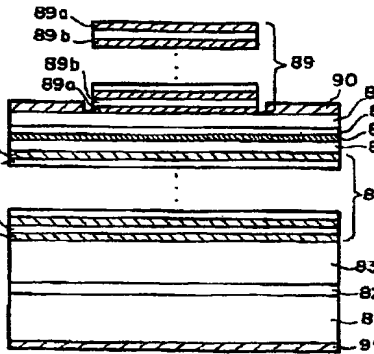
【图5】



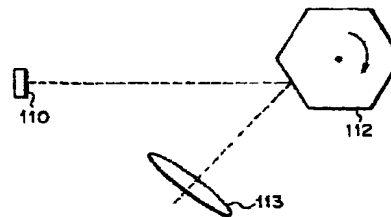
【図 3】



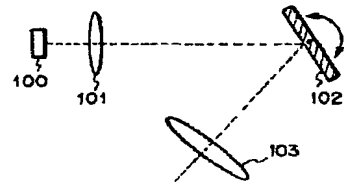
【図 4】



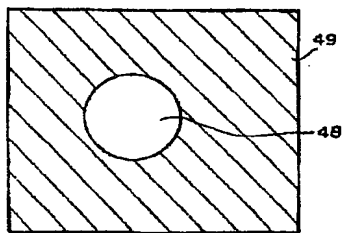
【図 9】



【圖 8】



【图 6】



【圖 7】

